



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Голик С.С.

«УТВЕРЖДАЮ»



Заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики

(подпись)

Короченцев В.В.

«1» 05 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Физика фундаментальных взаимодействий»**  
**Направление подготовки – 03.03.02 Физика**  
Экспериментальная физика  
**Форма подготовки очная**

курс 2 семестр 3

лекции 18 час.

практические занятия 18 час.

лабораторные работы не предусмотрены

в том числе с использованием МАО лек. 8 /пр. 18 /лаб. 0 час.

в том числе в электронной форме лек. 0 /пр. 0 /лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 36 час.

в том числе с использованием МАО 26 час.

в том числе в электронной форме 0 час.

самостоятельная работа 18 час.

в том числе на подготовку к экзамену 54 час.

контрольные работы (3)

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет не предусмотрен

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного ДВФУ, утвержденного приказом ректора от \_\_.\_\_.\_\_\_\_ № \_\_\_\_

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики, протокол № 8 от «27» 05 2019 г.

Заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики В.В. Короченцев

Составитель: к. ф.-м. н., доцент Шульга Д.В.

**Владивосток**  
**2019**

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Физика фундаментальных взаимодействий»**

Курс «Физика фундаментальных взаимодействий» предназначен для студентов очной формы обучения направления подготовки 03.03.02 «Ядерная физика и технологии», профиль «Физика атомного ядра и частиц».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час), практические занятия (18 час), самостоятельная работа (72 часа). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 семестре.

Дисциплина «Физика фундаментальных взаимодействий» относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин (Б1.В.ДВ.10.02).

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Электродинамика», «Уравнения математической физики», «Теоретическая механика».

В природе известно четыре типа фундаментальных взаимодействий: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное. В масштабах физики элементарных частиц вклад гравитации незначителен и данное взаимодействие не входит в теоретическую схему Стандартной Модели физики частиц. Стандартная модель физики частиц представляет собой теорию элементарных составляющих материи, фундаментальных фермионов, и фундаментальных взаимодействий. Переносчиками этих взаимодействий являются фундаментальные калибровочные бозоны. Для расчетов и качественного обсуждения явлений обычно используется техника диаграмм Фейнмана.

**Цель** изучения дисциплины – приобретение систематизированных знаний по основам физики фундаментальных взаимодействий.

### **Задачи:**

- изучение основных положений Стандартной модели физики частиц;
- изучение свойств фундаментальных фермионов — лептонов и кварков;
- изучение свойств четырех фундаментальных взаимодействий;
- приобретение навыков решения задач физики фундаментальных взаимодействий.

Для успешного изучения дисциплины «Физика фундаментальных взаимодействий» у студентов должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОК-8 владение культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;

- ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Знает	основные свойства элементарных частиц; характеристики четырех фундаментальных взаимодействий; основные положения стандартной модели;
	Умеет	строить диаграммы реакций элементарных частиц; вычислять квантовые числа частиц для различных реакций;
	Владеет	методами анализа ключевых экспериментов по определению фундаментальных характеристик элементарных частиц.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (21 час)**

### **Раздел 1. Элементарные частицы (4 часа)**

#### **Тема 1. Вводные замечания (2 часа)**

Кванты. Корпускулярно-волновой дуализм. Взаимные превращения частиц.

#### **Тема 2. Частицы и античастицы (1 час)**

Позитрон. Нейтрино. Пионы - кванты ядерного поля. Странные частицы. Резонансы.

#### **Тема 3. Стандартная модель (1 час)**

Кварки - частицы, из которых состоят адроны. Калибровочные бозоны. Диаграммы Фейнмана.

### **Раздел 2. Квантовые свойства частиц (4 часа)**

#### **Тема 1. Состояния в классической и квантовой физике (2 часа)**

Уравнение движения свободной частицы. Физические величины и операторы. Уравнение Шредингера.

#### **Тема 2. Момент количества движения в квантовой механике (1 час)**

Орбитальный момент количества движения. Спин. Полный момент количества движения. Магнитный момент. Спиральность нейтрино.

#### **Тема 3. Связь спина со статистикой (1 час)**

Пространственная четность. Статистика. Система двух тождественных частиц со спином  $1/2$ . Изоспин. Квантовые числа.

### **Раздел 3. Фундаментальные частицы Стандартной модели (4 часа)**

#### **Тема 1. Лептоны и кварки (2 часа)**

Электрон, электронное нейтрино. Мюон, мюонное нейтрино. Тау-лептон, тау-нейтрино. Свойства лептонов. Характеристики кварков. Адронные струи. Открытие топ-кварка.

#### **Тема 2. Калибровочные бозоны и фундаментальные взаимодействия (1 час)**

Глюоны. Фотон. W- и Z-бозоны. Открытие W- и Z-бозонов. Взаимодействия фундаментальных частиц. Константы связи.

#### **Тема 3. Экранировка и антиэкранировка зарядов (1 час)**

Виртуальные частицы. Асимптотическая свобода.

### **Раздел 4. Адроны (3 часа)**

#### **Тема 1. Мезоны (1 час)**

Зарядовая четность. Кварконии.

#### **Тема 2. Барионы (1 час)**

Антибарионы. Структура адронов. Глубоконеупругое рассеяние электронов на нуклонах

#### **Тема 3. Мультиплеты адронов (1 час)**

Нонет легчайших мезонов. Октет легчайших барионов. Барионный декуплет.

### **Раздел 5. Распады адронов (3 часа)**

#### **Тема 1. Распады пи-мезонов и заряженных каонов (1 час)**

Каналы распада. Правила отбора для слабых распадов.

#### **Тема 2. Резонансы (1 час)**

Метод инвариантных масс. Нуклонные резонансы. Узкие мезонные резонансы.

#### **Тема 3. Законы сохранения (1 час)**

Аддитивные законы сохранения. Мультипликативные законы сохранения. О роли слабых взаимодействий в окружающем мире.

### **Раздел 6. Нуклеосинтез и Вселенная (3 часа)**

#### **Тема 1. Распространенность элементов (1 час)**

Свидетельства Большого взрыва. Отсутствие антивещества во Вселенной. Космологический (дозвездный) нуклеосинтез.

#### **Тема 2. Синтез ядер в звездах (1 час)**

Завершение жизненного цикла звезды. Сверхновые. Нейтронные звезды и черные дыры.

#### **Тема 3. Образование тяжелых элементов (1 час)**

Нуклеосинтез под действием космических лучей. Космические лучи

## II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Практические занятия (21 час)

#### **Занятие 1. Введение. Физика микромира. (3 часа)**

Формула Резерфорда. Сечение реакции. Преобразования Лоренца. Системы отсчета. Основные формулы релятивистской физики. Система единиц Гаусса.

#### **Занятие 2. Квантовые свойства излучения и частиц. (3 часа)**

Формула Планка. Корпускулярно-волновой дуализм. Принцип неопределенности В. Гейзенберга.

#### **Занятие 3. Фундаментальные взаимодействия. Бозоны. (3 часа)**

Фундаментальные взаимодействия. Диаграммы Фейнмана. Калибровочные бозоны.

#### **Занятие 4. Лептоны. (2 часа)**

Электрон, мюон, тау-лептон. Нейтрино. Закон сохранения лептонного числа.

#### **Занятие 5. Кварки и адроны. (2 часа)**

Кварки. Адроны – системы связанных кварков. Размеры адронов. Адроны – бесцветные состояния цветных кварков. Глюоны – переносчики сильного взаимодействия. Адронные струи. Электрический заряд  $u$  и  $d$  кварков. Мультиплеты. Антибарионы.

#### **Занятие 6. Взаимодействие частиц. Законы сохранения. (2 часа)**

Взаимодействия частиц. Законы сохранения. Пространственная четность. Зарядовая четность.

#### **Занятие 7. Распады адронов. (2 часа)**

Вероятность распадов. Распад нейтрона. Слабые распады. Правила отбора.

#### **Занятие 8. Нуклеосинтез. (2 часа)**

Распространенность химических элементов. Дозвездный нуклеосинтез. Синтез ядер в звездах. Горение водорода. CNO-цикл. Образование тяжелых элементов.

#### **Занятие 9. Симметрии Природы. (2 часа)**

Операции симметрии. Изоспиновая симметрия. Симметрии пространства-времени. Законы сохранения. Пространственная четность. CP-четность. Теорема CPT. Обращение времени. Объединение взаимодействий.

## III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Квантовая теория поля» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Элементарные частицы	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 3, 24, 25, 27, 34, 35, 36, 37, 38,
2	Раздел 2. Квантовые свойства частиц	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 2, 7, 8, 15, 16, 17, 28, 29, 42, 45
3	Раздел 3. Фундаментальные частицы Стандартной модели	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 1, 5, 9, 11, 12, 18, 19, 26, 30, 31, 32, 41,
4	Раздел 4. Адроны	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 6, 10, 13, 14, 43, 44
5	Раздел 5. Распады адронов	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 4, 33, 39, 40, 46
6	Раздел 6. Нуклеосинтез и Вселенная	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 20, 21, 22, 23

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц [Текст] : учебник для вузов / И. М. Капитонов. – М. : Физматлит, 2010. – 512 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:674302>

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/2189>

2. Гончарова, Н. Г. Частицы и атомные ядра. Задачи с решениями и комментариями [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Н.Г. Гончарова, Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов. – М. : Физматлит, 2013. – 448 с.

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/59636>

3. Окунь, Л. Б. Элементарное введение в физику элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Б. Окунь. – М. : Физматлит, 2009. – 128 с.

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/2274>

4. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика [Текст] : учебник [в 3 т.] : т. 3 . Физика элементарных частиц / К. Н. Мухин. – СПб. : Лань, 2008. – 412 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:281586>

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/280>

5. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика [Текст] : учебник [в 3 т.] : т. 1 . Физика атомного ядра / К. Н. Мухин. – СПб. : Лань, 2008. – 383 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:281645>

ЭБС «Лань»:

**Дополнительная литература**  
(электронные и печатные издания)

1. Сарычева, Л. И. Введение в физику микромира – физика частиц и ядер [Электронный ресурс] / Л. И. Сарычева. – М. : 2008. – 221 с.

Портал «Ядерная физика в Интернете»:

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/astro/>

2. Хенли, Э. Элементарная квантовая теория поля [Текст] / Э. Хенли, В. Тирринг ; под ред. Ю. В. Новожилова ; пер. с англ. А. А. Ансельма. – М. : Изд-во Иностранной литературы, 1963. – 315 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:685473>

3. Бьеркен, Дж. Д. Релятивистская квантовая теория в 2 т. [Текст] : т. 2. Релятивистские квантовые поля / Дж. Д. Бьеркен, С. Д. Дрелл ; под ред. В. Б. Берестецкого ; пер. с англ. И. М. Народецкого. – М. : Наука, 1978. – 407 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:64921>

4. Greiner, W. Field Quantization [Текст] / W. Greiner, J. Reinhardt, D.A. Bromley. – Springer, 1996. – 460 с.

ЭБС «StudMed.py»:

[http://www.studmed.ru/greiner-w-reinhardt-j-bromley-da-field-quantization\\_fc0903c61bb.html](http://www.studmed.ru/greiner-w-reinhardt-j-bromley-da-field-quantization_fc0903c61bb.html)

5. Биленький, С. М. Введение в диаграммы Фейнмана и физику электрослабого взаимодействия [Текст] / С. М. Биленький. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 326 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:28113>

6. Райдер, Л. Квантовая теория поля [Текст] / Л. Райдер ; пер. с англ. С. И. Азакова. – М. : Мир, 1987 ; Платон, 1998. – 512 ; 509 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:664720>

ЭБС «StudMed.py»:

[http://www.studmed.ru/rayder-l-kvantovaya-teoriya-polya\\_f5a83ae3111.html](http://www.studmed.ru/rayder-l-kvantovaya-teoriya-polya_f5a83ae3111.html)

7. Займан, Дж. Современная квантовая теория [Текст] / Дж. Займан ; пер. с англ. И. П. Звягина, А. Г. Миронова. – М. : Мир, 1971. – 288 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:81665>

8. Пескин, М. Введение в квантовую теорию поля [Текст] / М. Пескин, Д. Шредер ; пер. с англ. А. А. Белавина ; под ред. А. В. Беркова. – М., Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 784 с.

ПОК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:396442>

9. Боголюбов, Н. Н. Квантовые поля [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков. – М. : Физматлит, 2005. – 384 с.

ЭБС «Лань»:

<https://e.lanbook.com/book/2117>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Портал «Ядерная физика в Интернете»: <http://nuclphys.sinp.msu.ru>
2. Портал «arXiv.org»: <https://arxiv.org/archive/hep-th>
3. Портал «Particle Data Group»: <http://pdg.lbl.gov/>
4. Портал «Stanford Encyclopedia of Philosophy»: <http://plato.stanford.edu/entries/quantum-field-theory/>
5. Портал «Encyclopedia of Mathematics»: [https://www.encyclopediaofmath.org/index.php/Quantum\\_field\\_theory](https://www.encyclopediaofmath.org/index.php/Quantum_field_theory)
6. Портал: «Энциклопедия Физики и техники»: [http://femto.com.ua/articles/part\\_1/1562.html](http://femto.com.ua/articles/part_1/1562.html)
7. Портал «ЭЛЕМЕНТЫ»: <https://elementy.ru/LHC/HEP/>
8. Портал «ПостНаука»: <https://postnauka.ru/themes/fizika-elementarnyih-chastits>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Важной является самостоятельная работа по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. При подготовке к занятиям студенты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины, а также справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

При промежуточной аттестации до экзамена должны сдать все отчетные работы и получить допуск к экзамену.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудитория для чтения лекций и проведения практических занятий:  
персональный компьютер Lenovo ThinkPad E125 с лицензионным и  
свободным программным обеспечением – MS PowerPoint 2007 и Acrobat  
Reader XI;  
проектор Benq MP770;  
переносной экран.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине **«Физика фундаментальных взаимодействий»**  
Направление подготовки – **03.03.02 Физика**  
Экспериментальная физика  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2019**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	3 часа	Работа на семинарских занятиях
2	2 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	3 часа	Работа на семинарских занятиях
3	3 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	3 часа	Работа на семинарских занятиях
4	4 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	3 часа	Работа на семинарских занятиях
5	5 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	3 часа	Работа на семинарских занятиях
6	6 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	3 часа	Работа на семинарских занятиях
7	7 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	2 часа	Работа на семинарских занятиях

### Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);

- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;

- работа со справочниками и др. справочной литературой;

- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

2) закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;

- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;

- подготовка плана;

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

#### Самостоятельная работа на лекции

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

#### Работа с литературными источниками

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому

раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Требования к конспекту для практических занятий:

1. Должен быть в отдельной тетради, подписанный.
2. Обязательно писать план занятия с указанием темы, вопросов, списка литературы и источников.
3. Отражать проблематику всех поставленных вопросов (анализ источника, литературы).
4. Иметь по ним аргументированные выводы. Слово «аргументированные» является ключевым. Главное - доказуемость выводов.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- Работа на семинарских занятиях .

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Физика фундаментальных взаимодействий»  
Направление подготовки – 03.03.02 Физика  
Экспериментальная физика  
Форма подготовки очная

Владивосток  
2019

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-5 готовностью к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок	Знает	основные свойства элементарных частиц; характеристики четырех фундаментальных взаимодействий; основные положения стандартной модели;
	Умеет	строить диаграммы реакций элементарных частиц; вычислять квантовые числа частиц для различных реакций;
	Владеет	методами анализа ключевых экспериментов по определению фундаментальных характеристик элементарных частиц.

/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Элементарные частицы	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 3, 24, 25, 27, 34, 35, 36, 37, 38,
2	Раздел 2. Квантовые свойства частиц	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 2, 7, 8, 15, 16, 17, 28, 29, 42, 45
3	Раздел 3. Фундаментальные частицы Стандартной модели	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 1, 5, 9, 11, 12, 18, 19, 26, 30, 31, 32, 41,
4	Раздел 4. Адроны	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 6, 10, 13, 14, 43, 44
5	Раздел 5. Распады адронов	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 4, 33, 39, 40, 46

6	Раздел 6. Нуклеосинтез и Вселенная	ПК-5	знает: умеет владеет	Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 20, 21, 22, 23
---	--	------	----------------------------	--------------------------------------	--

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ПК-5 готовностью к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок	знает (пороговый уровень)	основные свойства элементарных частиц; характеристики четырех фундаментальных взаимодействий; основные положения стандартной модели.	Знание основных свойства элементарных частиц, характеристик четырех фундаментальных взаимодействий, основных положений стандартной модели.	Способность охарактеризовать основные свойства элементарных частиц; перечислить характеристики четырех фундаментальных взаимодействий и основные положения стандартной модели.	45-64
	умеет (продвинутой)	строить диаграммы реакций элементарных частиц; вычислять квантовые числа частиц для различных реакций.	Умение строить диаграммы реакций элементарных частиц; вычислять квантовые числа частиц для различных реакций.	Способность строить диаграммы реакций элементарных частиц; вычислять квантовые числа частиц для различных реакций.	65-84
	владеет (высокий)	методами анализа ключевых экспериментов по определению фундаментальных характеристик элементарных частиц.	Владение методами анализа ключевых экспериментов по определению фундаментальных характеристик элементарных частиц.	Способность анализировать ключевые эксперименты по определению фундаментальных характеристик элементарных частиц.	85-100

### ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ по дисциплине «Физика фундаментальных взаимодействий»

1. Фундаментальные частицы Стандартной модели.
2. Законы сохранения в физике частиц.
3. Частицы и античастицы.
4. Резонансные частицы.
5. Электромагнитные взаимодействия.
6. Структура нуклона.
7. Изоспин. Изоспиновые мультиплеты.
8. Странность. Рождение и распад странных частиц.
9. Сильные взаимодействия. Кварки. Глюоны. Цвет.
10. Кварковая структура адронов. Барионы. Мезоны.
11. Слабые взаимодействия. Промежуточные бозоны.
12. Слабые распады лептонов и кварков.
13. Свойства нуклон-нуклонного взаимодействия.
14. Мезонная теория ядерных сил.
15. Пространственная инверсия. P-четность.
16. Зарядовое сопряжение. Зарядовая четность. CP-инверсия.
17. Обращение времени. CPT-теорема.
18. Фундаментальные взаимодействия.
19. Объединение взаимодействий.
20. Проблема нестабильности протона.
21. Нуклеосинтез во Вселенной.
22. Ядерные реакции в звездах.
23. Космические лучи. Состав и происхождение.
24. Связь между частотой, длиной волны, волновым вектором импульсом и энергией фотона.
25. Что такое коллайдер? Привести примеры образования частиц на коллайдере.
26. Сравнить константы сильного, слабого и электромагнитного взаимодействия при низких энергиях.
27. Каков характерный радиус действия слабых сил?
28. В каких взаимодействиях сохраняется пространственная четность?
29. В каких взаимодействиях может нарушаться пространственная четность?
30. Какие частицы переносят сильное взаимодействие?
31. Какие частицы переносят слабое взаимодействие?
32. Какая частица переносит электромагнитное взаимодействие?
33. Нарисовать кварковую диаграмму распада нейтрона.
34. Привести примеры возможных элементарных узлов диаграмм Фейнмана с испусканием  $\gamma$ -кванта.

35. Привести примеры возможных элементарных узлов диаграмм Фейнмана с испусканием  $Z$ -бозона.
36. Привести примеры возможных элементарных узлов диаграмм Фейнмана с испусканием  $W^+$ -бозона.
37. Нарисовать диаграмму Фейнмана распада мюона.
38. Привести примеры аннигиляции пары частица-античастица.
39. Нарисовать кварковую диаграмму распада  $\pi^0$ .
40. Нарисовать кварковую диаграмму распада  $\Delta^-$ .
41. Выписать фундаментальные частицы стандартной модели.
42. Какие квантовые числа совпадают, а какие не совпадают у фундаментальных частиц и античастиц?
43. Кварковый состав протона, нейтрона.
44. Привести примеры кварковых составов странного мезона и странного бариона.
45. Привести примеры истинно нейтральных частиц.
46. Как связаны между собой время жизни и ширина резонанса?

### **Критерии оценки на экзамене по дисциплине «Физика фундаментальных взаимодействий»**

Оценка «**отлично**» ставится, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка «**хорошо**» ставится, если ответ обнаруживает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если ответ свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и

приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если ответ обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.